



**HAL**  
open science

## Un serious game pour la formation professionnelle : le cas des opérateurs en milieu aseptique

Maria Denami, Pascal Marquet

► **To cite this version:**

Maria Denami, Pascal Marquet. Un serious game pour la formation professionnelle : le cas des opérateurs en milieu aseptique. *Education & Formation*, 2018, e-309, pp.75-86. hal-03765172

**HAL Id: hal-03765172**

**<https://hal.science/hal-03765172>**

Submitted on 30 Aug 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



“

## Parutions

Numéro e-309 – Février 2018

**Éditorial – Dans un monde numérique, l'humain est plus que jamais au centre**Bruno De Lièvre,  
*Université de Mons, Belgique*[PDF](#) Télécharger

## Numéro thématique : La fin de l'école à l'ère du numérique ?

**Introduction – Fin de l'école ou fin de la forme scolaire à l'ère du numérique ?**Hervé Daguët,  
*Normandie Université, UniRouen, France*[PDF](#) Télécharger**Fin de l'école ! Fin des enseignants ! Au-delà des discours**Jean-Luc Rinaudo,  
*Normandie Université, UniRouen, France*[PDF](#) Télécharger**Vers une évolution de la forme scolaire à l'âge du numérique. Le regard d'enseignants français**Gilles Fernandez\*, Sylviane Maximin\*, Jacques Audran\*\*,  
*Université d'Aix-Marseille\*, INSA de Strasbourg\*\*, France*[PDF](#) Télécharger**Les ENT : entre changements potentiels et résistances de la forme scolaire**Sylvain Genevois\* & Dany Hamon\*\*,  
*Université – ESPE de la Réunion\*, Université de Paris V Descartes Sorbonne Cité, France*[PDF](#) Télécharger**Le blog de classe dans les écoles primaires françaises : reproduction du journal de classe imprimé ou apparition d'un journal « augmenté » ?**Françoise Poyet & Caroline Jury,  
*ESPE - Université Lyon 1, France*[PDF](#) Télécharger**Fusion séparation à travers les relations enseignants élèves sur les réseaux sociaux**Kinjal Damani,  
*Université de Rouen, France*[PDF](#) Télécharger**Un Serious Game pour la formation professionnelle : le cas des opérateurs en milieu aseptique**Maria Denami & Pascal Marquet,  
*Université de Strasbourg, France*[PDF](#) Télécharger**En guise de conclusion**Jacques Wallet,  
*Normandie Université, UniRouen, France*[PDF](#) Télécharger[PDF](#) Télécharger tous les articles du n°e-309[Retour haut de la page](#)

Publié avec l'aide financière du Fonds de la Recherche Scientifique - FNRS  
et avec l'appui de l'Administration générale de la Recherche scientifique. Service général du  
pilottage du système éducatif

---

## **Un *Serious Game* pour la formation professionnelle : le cas des opérateurs en milieu aseptique**

**De l'école à la vie professionnelle, un puissant outil d'apprentissage et d'acquisition de compétences.**

---

*RÉSUMÉ.* Dans cette étude nous proposons un modèle de conception des serious games pour l'apprentissage et le développement de compétences professionnelles. Dans un premier temps, l'objectif est d'expliquer l'ingénierie pédagogique qui a présidé à la conception d'un serious game qui nous a été commandé par une entreprise française. Dans un second temps, nous décrivons le protocole de test mis au point afin de vérifier l'efficacité du produit et, par conséquent, la pertinence méthodologique de l'ingénierie pédagogique mise en œuvre. Pour ce faire, une étude comparative a été menée afin de mesurer l'impact de la formation avec le serious game sur l'activité réelle des sujets formés. Nous présentons les premiers résultats qui semblent attester d'une meilleure efficacité d'un entraînement réalisé avec le produit par rapport aux méthodes traditionnelles de formation.

*MOTS-CLÉS :* Serious Games, Ingénierie de formation, E-learning, Analyse des Compétences, Simulation, Transfer des Compétences.

---

## 1. Introduction

De quoi parle-t-on quand nous disons « numérique à l'école ? ». Il ne s'agit pas seulement de la manière dont les technologies numériques sont déployées dans les institutions éducatives, le numérique ne se limite pas à un espace confiné ou un ensemble d'activités circonscrites. Au contraire, l'usage des technologies informatiques a modifié les habitudes de la majorité de la population occidentale en devenant, à son tour, une véritable culture qui influence, par conséquent, la communication, l'accès aux informations voire les façons d'apprendre (Tricot, 2012). C'est l'une des raisons qui justifie que l'ingénierie de formation devrait concevoir des dispositifs d'enseignement-apprentissage tout en tenant compte de cette culture généralisée.

La compétition économique mondialisée exige que les professionnels se forment de façon permanente, en raison notamment de la réduction de la durée des cycles de professionnalisation, qui nécessite de se reformer dans le but d'acquérir continuellement des nouvelles compétences, pour que les entreprises conservent leur place dans la compétition internationale qu'elles se livrent. Par ailleurs, toutes les situations de réorientation professionnelle imposent, elles aussi, de se former à des nouveaux gestes professionnels. Les démarches d'ingénierie de formation actuelles cherchent à produire des outils pédagogiques qui soient attractifs, non seulement pour les élèves d'âge scolaire, mais aussi et surtout, pour ce qui nous intéresse ici, pour les adultes devant maintenir un niveau de compétence élevé et en évolution ou devant se requalifier.

Dans ce contexte de demande de formation généralisée, et sans distinction ni de métier ni de niveau de scolarité des personnes, les *serious games*<sup>1</sup> se présentent comme des dispositifs susceptibles de rendre des formations et des requalifications professionnelles, perçues par les apprenants comme une contrainte, plus attractives. La *gamification* et la ludification des apprentissages deviennent alors des préoccupations de plus en plus prégnantes, non seulement dans les contextes scolaires des premier et second degrés, mais aussi dans les contextes de formation professionnelle. La diffusion de masse de jeux d'arcade et de stratégies communautaires (*Candy Crush*, *Pirate Plunder*) sur des appareils portables (*smartphones*, *tablettes*) rend le public accoutumé à cette ludification comme stratégie passe-partout qui se diffuse dans toutes sortes d'activités. Les concepteurs, d'abord, et les distributeurs, ensuite, vantent les avantages de la *gamification* à des fins d'apprentissage, en valorisant les aspects ludiques qui feraient « facilement » se développer les compétences attendues. Plus objectivement, la question qui se pose est celle de savoir quelle est l'ingénierie de conception des *serious games* qui aboutit à un produit qui fait effectivement se développer les compétences visées. Comment et dans quelle mesure ces compétences peuvent-elles être transposées en situation professionnelle réelle ?

Le secteur de la santé figure parmi les milieux professionnels les plus intéressés par la simulation à des fins d'acquisition de compétences. De nombreux *serious games* ont déjà été déployés dans le but d'acquérir des gestes professionnels (Ma, Jain & Anderson, 2014), l'étude des seuls manuels n'étant pas suffisante à l'acquisition des compétences pour la prise en charge du patient et la mise en situation réelle étant risquée ou onéreuse. Nous retrouvons les mêmes contraintes pour la formation des personnels des usines pharmaceutiques. Un opérateur ne peut pas travailler dans un environnement aseptique avant d'avoir obtenu la qualification nécessaire, d'où la demande de la part d'une société française, éditrice de logiciels, de concevoir un outil pédagogique, sous la forme d'un *serious game*, ayant pour but de former et d'évaluer les compétences professionnelles de tout personnel produisant du médicament stérile. L'accès à un tel environnement de travail exige une formation rigoureuse du personnel : celui-ci doit observer scrupuleusement les normes d'hygiène, d'habillement et de comportement devant la ligne de production.

Dans une première partie, nous présentons brièvement l'histoire des *serious games* et leur apport à l'apprentissage. Nous indiquons ensuite les fondements théoriques qui ont servi à la conception du *serious game* en question. Dans une deuxième partie, nous abordons la démarche de conception et de déploiement du *serious game* pour la production pharmaceutique. Vient ensuite, en troisième partie, la problématique ainsi que les hypothèses de validité de la démarche de conception et d'une meilleure efficacité du dispositif de formation sous la forme de *serious game* par rapport à une formation classique. La quatrième partie sera consacrée à la présentation du protocole d'observation et la cinquième partie détaillera les résultats qui confirment la pertinence du recours à ce *serious game* à des fins de formation, ainsi que sa meilleure efficacité dans l'acquisition de certains gestes professionnels.

---

1. *Serious game* : jeu sérieux

## 2. Cadre théorique

### 2.1. *Serious Games, simulation et apprentissage*

Un *serious game* est défini, aujourd'hui, comme un dispositif de simulation virtuelle et interactive qui prend la forme d'un véritable jeu vidéo dont la finalité principale est celle de l'acquisition de connaissances (Alvarez & Rampnoux, 2006). Les premiers « *jeux sérieux* », remontant aux années 60, n'étaient pas des dispositifs numériques mais consistaient en jeux de plateaux ou de mise en situation. Ces jeux, ayant comme objectif celui de sensibiliser le public aux techniques managériales, avaient été intégrés dans les écoles, les universités et les entreprises. C'est à partir des années 80 que les premiers jeux vidéo éducatifs commencent à prendre une place significative sur le marché (*Opeation Frog* 1983, *Le Sida et nous* 1986, *Number Magic* 1979, *Apprends-moi à Compter* 1987, etc.).

La révolution des jeux pour l'apprentissage a lieu en 2002 à la suite de la production du jeu vidéo de type simulation réaliste « *America's Army* » distribué gratuitement dans le but de valoriser l'image de l'armée américaine ainsi que pour repérer les joueurs les plus aguerris afin de les recruter dans l'armée. Il est possible de compter dans la catégorie de « jeux sérieux » non seulement les jeux utilisés à des fins éducatives, mais aussi pour des champs plus vastes incluant la communication, la propagande, l'entraînement, le marketing et la publicité. Ces applications exploitent les avantages des jeux vidéo, en ce qui concerne les aspects ludiques et la stimulation de l'imagination, tout en rajoutant une composante de formation et apprentissage. La dimension « jeu » est, de ce fait, fondamentale car elle représente la dimension hédonique qui contribue au développement de l'être humain sous ses aspects affectif, sensoriel, moteur, cognitif, intellectuel et social (Gaussot, 2002 ; Piaget, 1951 Phillips, 1981).

Au sein d'un *serious game* la stratégie de simulation est scénarisée de façon à reproduire des situations réelles qu'il ne serait pas possible de rencontrer ailleurs que dans l'environnement simulé. L'apprentissage par l'action est ici mis en œuvre dans la mesure où le sujet est placé en situation d'agir et que ce sont ses actions qui participent à l'élaboration des connaissances et des compétences qu'il est supposé acquérir, grâce à « une représentation interactive de la réalité basée sur la construction d'un modèle ou d'un système dans lequel [il faut] comprendre une situation donnée » (Landriscina, 2009).

Bien avant d'être mises en œuvre par les technologies informatiques, la simulation est une démarche d'apprentissage très répandue : elle est utilisée dès les classes élémentaires, pour la résolution des problèmes d'algèbre, jusqu'à la formation des infirmiers ou des médecins (à l'aide de mannequins pour les manipulations compliquées ou délicates). Au cours des dernières décennies, l'évolution de l'informatique a permis de réaliser des univers virtuels, qui reproduisent fidèlement des situations réelles (Guéraud *et al.*, 1999). L'utilisateur a la possibilité d'interagir avec ces environnements en toute sécurité et d'apprendre grâce à l'expérience simulée et vécue.

Les avantages d'un simulateur ou d'un *serious game*, par rapport à l'action en situation réelle, sont nombreux : 1°) il permet de se libérer des problèmes liés aux contraintes d'espace et de temps ; 2°) il permet d'effectuer des procédures sans porter atteinte à la sécurité personnelle et/ou de tierces personnes et/ou de l'environnement (par exemple, les simulateurs d'aéronefs) ; 3°) il permet de construire des modèles virtuels et d'en tester la pertinence.

Lors d'un apprentissage par simulation, il n'est pas rare de voir surgir, chez les apprenants, des phénomènes de verbalisation ou de métaréflexion. Durant l'exploration, il est souvent demandé à la personne d'assumer un rôle différent de celui qu'elle a l'habitude de tenir. Ce jeu de rôle, *supporting role-playing* (en anglais), non seulement permet l'acceptation d'un point de vue différent mais, de plus, offre la possibilité d'accéder au problème d'une manière différente (Dabbagh 2005). Ici, l'apprenant, qui est placé en position d'accomplir une mission, a la possibilité de mettre en pratique ses connaissances et ses compétences dans un univers réaliste, bien que virtuel. Cet apprentissage, soutenu par le jeu, sera plus efficace en termes de captation l'attention de l'apprenant (Dabbagh, 2005), et permettra à l'apprenant de développer des nouvelles compétences non seulement limitées au domaine d'apprentissage visé, mais aussi sociales, communicatives, interpersonnelles.

### 2.2. *L'ingénierie pédagogique au service de la conception de serious games*

Le *serious game design*<sup>2</sup> est un secteur d'activité qui s'est fortement développé depuis le début des années 2000. Jusqu'à présent les démarches de conception disponibles pour les applications pédagogiques sont les mêmes que celles utilisées pour la conception des jeux vidéo, à savoir le *video game design*. La seule différence est que, pour les jeux sérieux, l'équipe de techniciens dispose d'un expert du domaine de compétence auquel elle peut faire

---

2. *Serious game design* : conception du jeu sérieux

appel afin de définir quels contenus sont les plus pertinents pour les objectifs du jeu (Marfisi-Schottmann, George & Tarpin-Bernard, 2010).

La conception et le déploiement d'un *serious game*, au même titre que les autres outils pédagogiques, demandent une ingénierie qui tienne compte de la complexité de l'adaptation des objectifs d'apprentissage fondamentaux et des techniques de simulation disponibles. La démarche d'ingénierie pédagogique, que nous avons élaborée, a permis de réaliser une analyse fine des besoins de formation qui soit reproductible et exploitable pour d'autres *serious game*. Cette démarche se fonde sur les apports de la didactique professionnelle et de la théorie du conflit instrumental.

La didactique professionnelle a développé des méthodes afin de concevoir les meilleures stratégies de formation aux compétences professionnelles (Samurçay & Pastré, 2004). Pour ce faire, il est d'abord nécessaire de réaliser un inventaire des gestes professionnels (Jean, 2008) et des procédures susceptibles d'être employées dans le cadre d'un métier. Ces gestes sont analysés à partir des normes prescrites indiquées dans les protocoles officiels. Dans un deuxième temps, il est nécessaire de comparer ces normes, autrement dit, ces tâches prescrites (Leplat & Hoc, 1983), avec les gestes effectivement mis en œuvre par les opérateurs (Cizeron, 2010), ou tâches effectives (Leplat, 2004). Ces dernières résultent de l'influence du contexte de travail (Leplat & Hoc, 1983) sur l'activité du sujet dans la situation étudiée. Il ne faut pas négliger non plus le rôle des représentations que les personnes ont de leur propre pratique. Ces dernières sont influencées par la fonction et la position hiérarchique du sujet au sein de l'organisation. Cet ensemble d'informations constitue des matériaux indispensables pour finaliser un diagnostic des contenus de formation qui doivent être intégrés dans le logiciel de simulation.

La théorie du conflit instrumental (Marquet, 2011) suggère que tout apprentissage exige une combinaison optimale des artefacts qui le composent. Dans le cas d'un apprentissage traditionnel on définit comme « artefact didactique » le contenu d'enseignement et comme « artefact pédagogique » le formalisme de représentation donnant accès à l'artefact didactique. Le sujet, pour réaliser un apprentissage, doit être en mesure de pouvoir réaliser une genèse instrumentale (Rabardel, 1995) des artefacts pédagogiques et didactiques, en d'autres termes de se les approprier. Ce faisant, le sujet s'approprie des artefacts présents dans la situation d'apprentissage, et la situation fait évoluer les représentations de l'apprenant dans un processus circulaire et réciproque. Dans les situations de *e-learning*, l'introduction d'un troisième artefact dit « technique », l'ordinateur, l'interface, *etc.*, demande à l'apprenant d'apprendre d'utiliser et d'interagir avec l'artefact avant même de pouvoir accéder au scénario pédagogique ou au contenu. Pour ces raisons, une démarche d'ingénierie pédagogique doit prendre en compte et analyser toutes les contraintes qui pèsent sur la situation d'apprentissage et/ou de formation professionnelle. Ceci est autant plus vrai pour des dispositifs d'enseignement et formation prétendus innovants, pour lesquels les modèles de conception ne sont encore pas assez normés, comme les *serious games*.

### 3. Problématique et hypothèses

S'il est vrai que les technologies informatiques se diffusent dans tous les champs de l'action éducative, parfois seulement dans le but de « moderniser » les apprentissages sans véritable innovation (Papert, 2003), il est possible d'identifier certains domaines d'activité où les possibilités offertes par les technologies numériques semblent non seulement bénéfiques, mais aussi indispensables. C'est le cas notamment des formations et des évaluations actuellement dispensées aux opérateurs de fabrication de médicaments, qui consistent en la lecture d'une procédure évaluée par un QCM, et qui ne sont pas adaptées aux objectifs pédagogiques visés, le plus souvent relevant de l'acquisition de compétences professionnelles.

Ici, plus qu'ailleurs, la demande de conception d'un *serious games* visant le développement de compétences et de gestes professionnels se justifie compte tenu de l'impossibilité de former les sujets dans les lieux de travail en raison des risques à la fois pour l'apprenant et le produit, voire l'environnement ou la société en cas de manipulation hasardeuse. En effet, au même titre que pour les pilotes d'avions, il n'est pas souhaitable de former ces professionnels sur le terrain de travail réel à cause des conséquences qu'une erreur pourrait engendrer.

Nous avançons l'hypothèse générale (H<sub>1</sub>) que la conception d'un *serious game* offre une valeur pédagogique non atteignable avec des méthodes traditionnelles dans le cas de l'apprentissage de gestes professionnels des opérateurs en milieu aseptique. En d'autres termes, les personnes formées avec le *serious game* devraient acquérir des compétences qui seront transférées de façon pertinente dans l'environnement réel en vue de la résolution de situation-problèmes déjà rencontrées. Ces personnes devraient, par conséquent, réaliser des meilleures performances dans l'exécution des procédures post-test est faire preuve d'une meilleure acquisition des connaissances. De la même manière, nous avançons l'hypothèse que les personnes formées avec les méthodes traditionnelles (vidéo commentée, QCM, diaporama) auront plus de difficultés dans la mise en œuvre des compétences en milieu réel, leur apprentissage ayant été moins performant.

Plus précisément, nous soutenons que la conception d'un outil de formation efficace en termes d'apprentissages, doit s'appuyer sur les deux cadres théoriques que nous avons présentés (H<sub>2</sub>). La référence à la didactique professionnelle, tout d'abord, avec ses outils méthodologiques d'analyse de l'activité, est nécessaire pour expliciter les besoins de formation, mais aussi les contenus pertinents à intégrer dans le dispositif de formation. La théorie du conflit instrumental, ensuite, est utile afin d'orienter l'adaptation entre les différents artefacts pour la conception du *serious game*. Une fois les besoins de formations identifiés, le concepteur doit créer les meilleurs scénarios pédagogiques qui doivent, en même temps, être adaptés aux technologies choisies.

A cet égard, nous envisageons non seulement de tester la pertinence de ces deux cadres conceptuels pour la démarche de conception du logiciel, mais encore, nous pensons que l'éventuelle efficacité dans le développement des compétences des utilisateurs est directement liée à la démarche conception mise en œuvre.

#### 4. La conception du simulateur

Comme nous l'avons dit plus haut, notre démarche de conception de *serious games* s'inspire de deux approches théoriques. Nous en présentons, ici, les cinq phases.

La première phase a consisté en l'identification et la compilation d'un inventaire des procédures, des gestes et des normes disponibles dans le cadre de l'activité en zone aseptique. Cette identification est le résultat de l'opérationnalisation de l'analyse de l'activité qui a permis de détecter, recueillir, analyser et sélectionner les contenus fondamentaux et nécessaires à la constitution d'un outil de formation pertinent.

Cette analyse a été réalisée en décrivant les éléments qui composent l'activité professionnelle : les normes et les tâches prescrites, les tâches réelles (Leplat & Hoc, 1983), les tâches perçues (Delignières, 2004), les conditions de travail. Ces informations ont été collectées à partir : 1°) d'entretiens avec des directeurs de trois laboratoires de différentes tailles et fabriquant différents produits : le but étant de recueillir leurs attentes à l'égard du travail de leurs collaborateurs ; 2°) l'analyse des manuels des *Bonnes Pratiques de Fabrication*, ainsi que les normes ISO, afin d'en tirer les normes et les règles fondamentales ; 3°) d'entretiens avec des opérateurs des mêmes usines afin d'avoir un témoignage du travail réel mené sur le poste ; 4°) des observations du travail des opérateurs faites sur le terrain.

Dans la deuxième phase nous avons procédé au choix des gestes, des procédures et normes à intégrer dans le simulateur selon des critères d'adaptabilité de ces derniers aux techniques disponibles. Pour ce faire, à partir de l'inventaire des gestes obtenu à l'issue de la première étape, nous avons identifié et rendu explicites les objectifs pédagogiques (ce qui nous a fourni les artefacts didactiques). Ensuite, nous avons réfléchi à comment ces objectifs didactiques pouvaient être scénarisés et représentés à l'écran (artefacts pédagogiques) et comment ceux-ci pouvaient être exploités dans l'environnement 3D (artefact technique), en conformité avec les précautions qui résultent de l'application de la théorie du conflit instrumental. En effet la sélection et l'adaptation des contenus pédagogiques et des technologies numériques a été opérée de façon bi-directionnelle : les contenus pédagogiques ont été sélectionnés en fonction des technologies disponibles pour les simuler et, de la même manière, le choix des technologies à employer a été influencé par l'objectif pédagogique à atteindre. Cette ingénierie a conduit à un *serious game* constitué de 10 gestes professionnels simulés (habillage, nettoyage des surfaces, etc.) et 60 contenus pédagogiques.

Une troisième phase a consisté en la conception du scénario en fonction des besoins suivants : 1°) reproduire le déroulement d'une journée type de travail en définissant les étapes fondamentales et communes à tous laboratoires ; 2°) intégrer les règles, les normes et les gestes communs à l'ensemble des laboratoires cibles ; 3°) reproduire un environnement-type commun à l'ensemble des usines cibles ; 4°) intégrer les pratiques professionnelles elles aussi communes à l'ensemble des usines cibles qui ont été retenues et scénarisées lors de la deuxième phase de conception (Denami & Marquet, 2015).

Dans un quatrième temps, un algorithme de calcul de score a été élaboré selon un principe de hiérarchisation des tâches caractérisant une procédure, par ordre d'importance. Toute tâche réalisable au sein de l'environnement 3D a été soumise à un système de traçabilité informatisée de façon à ce que chaque action effectuée par l'utilisateur puisse être enregistrée. À toute action a été affecté un coefficient qui en décrit le niveau de criticité. D'autres facteurs sont pris en considération : le temps écoulé, le nombre d'hésitations et l'évolution des performances.

La cinquième et dernière phase a consisté en la réalisation de l'interface homme-machine. Celle-ci comprend les possibilités d'action sur les objets et sur l'environnement, ainsi que la manipulation du personnage qui représente l'opérateur. L'interface a été conçue suivant des critères d'intuitivité et de simplicité afin de réduire les difficultés inhérentes à l'usage du simulateur : par exemple, quand un objet est sélectionné, il apparaît en bas de

l'écran dans les mains virtuelles de l'utilisateur ; le déplacement d'un objet se fait par *drag and drop*<sup>3</sup> à l'endroit de destination. Dans cette phase, de nombreux tests d'utilisabilité comme ceux de Lewis et Wharton (1997) et Morcillo *et al.* (2003) ont été effectués dans le but d'améliorer l'ergonomie du produit.

## 5. Méthodologie de validation

Un protocole de test rigoureux a été conçu dans l'objectif de vérifier (ou d'infirmer) les hypothèses de meilleure efficacité de l'utilisation des *serious games* pour l'apprentissage des compétences professionnelles (*cf.* fig. 1). Ce protocole a été appliqué – en accord avec l'entreprise qui en a fait la commande - au *serious game* développé pour les préparateurs des médicaments pour des raisons d'accessibilité et d'utilisation des licences d'exploitation. Néanmoins, ce protocole peut être appliqué à tout *serious game*.

### 5.1. Déroulement du test

Échantillon : 45 personnes, d'âge et de profession différents, ont participé au test. Nous avons veillé à ce qu'aucun des sujets n'ait jamais fait l'expérience du travail en zone stérile. Le choix de ne pas impliquer de personnes travaillant en zone aseptique a été fait pour rendre nul l'effet de possibles formations parallèles ou antérieures. Celles-ci auraient pu avoir un impact sur la performance réalisée par les sujets, sans possibilité d'en pondérer l'influence, par ailleurs très dépendante de la qualité des formations préalables et de la compétence pédagogique du formateur.

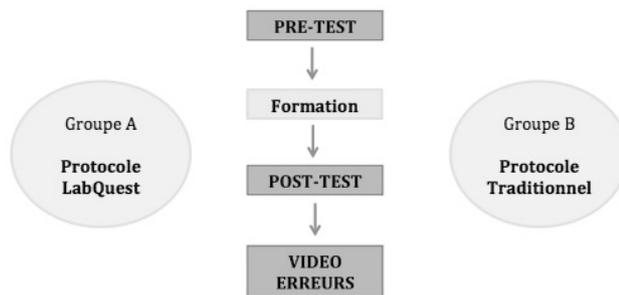


Figure 1. Protocole de test

Matériel : l'environnement tel que l'on peut le trouver dans une zone stérile a été reproduit dans une pièce. Les objets présents étaient :

- un gel désinfectant pour les mains ;
- une solution hydro-alcoolique pour le nettoyage et la désinfection des objets et des surfaces ;
- des lingettes ;
- une table d'appoint ;
- une armoire ouvrable pour simuler le système RABS<sup>4</sup> d'une pièce aseptique classé A/B<sup>5</sup> ;
- des boîtes de Pétri<sup>6</sup> disponibles dans le RABS ;
- un stylo disponible dans le RABS ;
- un dossier de fabrication posé sur une table d'appoint ;
- un stylo posé sur la table d'appoint ;
- une surface translucide et posée à l'horizontale.

Pré-test : il a été demandé à l'ensemble des sujets d'exécuter des procédures qui sont normalement réalisées dans une zone aseptique ; par exemple, le bio-nettoyage, la désinfection des mains, la procédure de substitution de la boîte de Pétri située à l'intérieur de la machine. Pour la réalisation de ces procédures, les sujets avaient à leur disposition un certain nombre d'objets (voir dans la liste des objets *supra*). Aucune information complémentaire ne leur a été donnée.

Formation : l'échantillon est, à cette étape, divisé en deux groupes (protocole *serious game* – groupe A – et traditionnel – groupe B –). Dans la formation avec le *serious game* le sujet est guidé dans l'environnement 3D par

3. *Drag and drop* : glisser-déposer

4. RABS (*Restricted Acces Barrier System*) : système de barrière à accès contrôlé. Il consiste en un système de vitres et d'un flux d'air laminaire qui enveloppe une machine afin de réduire les interventions et d'en préserver la stérilité.

5. Classe A/B : les locaux des usines pharmaceutiques sont organisés en pièces classées selon leur niveau de contamination de l'air. Il est possible de trouver des zones N.C. (non classées) jusqu'à arriver aux zones aseptiques classées B ou A/B, selon l'étanchéité des machines disponibles à l'intérieur et la sensibilité du produit.

6. Boîte de Pétri : il s'agit d'une petite boîte qui contient un milieu de culture. Elle doit être ouverte à l'intérieur de la machine pour effectuer le contrôle bactériologique de l'air. De même, elle peut être appliquée sur la tenue de l'opérateur pour en tester le niveau de contamination.

un parcours signalé par des repères (*pins*). Chaque repère représente un contenu pédagogique. Une fois ce contenu consulté, la personne peut réaliser l'action dans le simulateur. Un protocole de formation traditionnel est proposé au groupe B. Cette formation consiste en un document papier, dans lequel ont été soigneusement intégrées les informations concernant les BPF (Bonnes Pratiques de Fabrication)<sup>7</sup>. Nous avons été attentifs à ce que les informations disponibles dans ce document soient les mêmes que celles sélectionnées pour le protocole *serious game*.

Post-test : il a été demandé à l'ensemble de l'échantillon de réaliser les mêmes procédures que celles proposées dans la phase de pré-test, dans les mêmes conditions, sans variation par rapport au premier passage. Ceci, dans le but d'observer une éventuelle progression dans la performance réalisée.

Vidéo des erreurs : il a été proposé à l'ensemble de l'échantillon de visualiser une vidéo d'une tierce personne présentant les procédures cruciales d'une journée de production. Il a été demandé aux sujets de commenter cette vidéo en temps réel et de signaler les éventuelles erreurs détectées. Cet exercice, proposé aux deux groupes (l'un formé avec le *serious game*, l'autre de manière traditionnelle), permettrait de comprendre l'éventuel impact de la formation sur le développement de l'esprit critique des sujets. De même, cela permettrait d'observer quel est l'impact de la formation sur l'acquisition des connaissances et la perception des gestes corrects ou erronés mis en œuvre par de tierces personnes.

### 5.2. Méthodes d'observation et enregistrement des données

Le protocole de test a été méthodiquement enregistré afin de sauvegarder toutes les données :

- Les procédures effectuées dans les pré-test et post-test ont été enregistrées par une caméra positionnée sur un pied. Nous avons complété l'enregistrement par une fiche d'observation afin de sécuriser les données en cas d'erreur au démarrage de l'enregistrement, d'une défaillance de la batterie ou de la camera, *etc.*
- Un système d'enregistrement de l'écran et du son a été mis en place pour les formations effectuées avec le *serious game*. Pour la formation traditionnelle, seul le son a été enregistré, afin d'avoir une trace des commentaires effectués par les sujets.

### 5.3. Analyse des données

Dans la phase d'exécution des procédures avant et après l'entraînement, l'activité des sujets observés a été décomposée en une série de tâches simples. Sept tâches pour le nettoyage de la vitre et 13 tâches pour le remplacement de la boîte de Pétri. Chaque tâche a été jugée comme étant « bien exécutée » (1 point), « mal exécutée » (0 point), « bien exécutée, mais au mauvais moment » (0,5 point). Nous avons ensuite transformé ces données nominales en une échelle d'intervalle en attribuant un score de 0 à 20 à l'ensemble des deux procédures.

Dans la phase de visionnage de la vidéo d'une tierce personne, les erreurs mentionnées par les sujets ont été classées entre « erreur pertinente signalée », « erreur non-pertinente signalée », « erreur pertinente non signalée » et « erreur non-pertinente non-signalée ». En effet, nous avons fait la différence entre les « erreurs pertinentes » et les « erreurs non pertinentes » (*cf.* fig. 5), considérant une comme « erreur pertinente » les gestes et les comportements non-conformes aux normes BPF. En revanche nous considérons comme « erreur non-pertinentes » les gestes et les comportements qui ont été jugés comme faux par une personne non experte mais qui sont conforme aux normes des *Bonnes Pratiques de Fabrication*. Par exemple, le fait d'appuyer une boîte de Pétri contre la poitrine est considéré comme une erreur par un non expert alors que ce geste est indispensable pour le contrôle bactériologique de la tenue du collaborateur.

## 6. Premières observations et résultats

### 6.1. Comparaison de la réussite des procédures entre les pré- et post-tests

Nous présentons ci-dessous la moyenne des notes obtenues par les deux groupes (*serious game* vs traditionnel) aux deux tâches réalisées au cours du pré-test et du post-test (*cf.* tableau 1).

Procédure	Protocole	Effectifs	Moyenne	Écart-type.
-----------	-----------	-----------	---------	-------------

7. Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé. *Bonnes pratiques de fabrication*. Bulletin officiel n°2011/8 bis. Fascicule spécial.

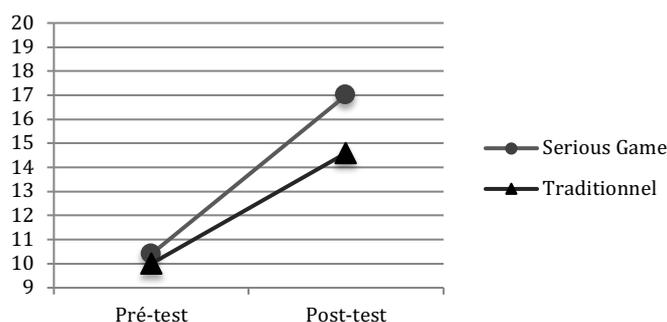
Norme NF EN ISO 14644-4. Juillet 2001

Norme NF EN ISO 14644-5. Décembre 2004

Score global au pré-test	<i>Serious game</i>	23	10,4	2,7
	Traditionnel	22	10,0	2,9
Score global au post-test	<i>Serious game</i>	23	17,0	1,6
	Traditionnel	22	14,6	2,8

**Tableau 1.** Moyennes des scores globaux obtenus aux pré-test et post-test

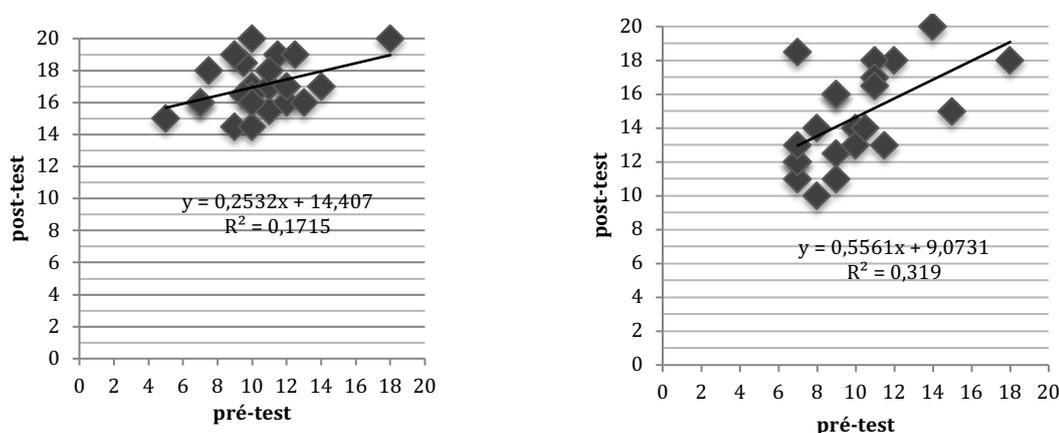
Une analyse de la variance à mesures répétées pré-test/post-test montre que, effectivement, la formation a un impact significatif sur les résultats obtenus (effet d'interaction  $F_{(1,39)} = 8,2$  ;  $p < .01$ ) (cf. fig. 2 *infra*). En d'autres termes, il est possible de dire que grâce à l'utilisation du *serious game*, les personnes réalisent de meilleures performances dans l'exécution des tâches réelles.



**Figure 2.** Scores aux pré-test et post-test

### 6.2. Prédicibilité des résultats entre le pré-test et le post-test

Nous avons réalisé une série de régression linéaire dans le but de tester la prédictibilité du post-test par rapport au pré-test. Il ressort que le pré-test ne prédit pas le score au post-test<sup>8</sup>, aussi bien pour la formation avec le *serious game* que la formation traditionnelle, comme l'atteste le calcul des droites de régression et des R de Bravais-Pearson (cf. fig. 3 :  $R^2_{(\text{serious game})} = 0,17$  ; ns et  $R^2_{(\text{traditionnel})} = 0,31$  ; ns).



**Figure 3.** Droite de régression des scores pour le groupe *serious game* (gauche) et le groupe traditionnel (droite)

Il est toutefois possible d'observer que les personnes ayant effectué la formation avec le *serious game* ont des meilleurs résultats au post-test indépendamment du résultat obtenu au pré-test (cf. fig. 3). Pour les sujets ayant effectué la formation traditionnelle, les résultats obtenus au post-test sans être influencés par le pré-test, restent plus faibles et tout aussi dispersés entre les deux tests.

### 6.3. Taux de détection des erreurs pendant le visionnage d'une tierce personne

Lorsque l'on montre au sujet une vidéo d'une journée de production d'une tierce personne, le groupe ayant effectué la formation avec le *serious game* a des meilleurs résultats dans la détection des erreurs pertinentes (EP)

<sup>8</sup> C'est d'ailleurs pour cette raison que des ANOVA ont été préférées à des ANCOVA.

que le groupe ayant effectué la formation traditionnelle. Concernant les erreurs non pertinentes (ENP), il n'y a pas de différence entre les deux groupes.

En effet, 89,3 % des sujets du groupe *serious game* ont identifié toutes les erreurs et comportements non-conformes, contre 52,2 % des sujets du groupe traditionnel. Plus précisément, 100 % des sujets (18 sujets sur 18) du groupe *serious game* ont détecté des non-conformités graves dans les procédures comme « sortir la boîte de Pétri non fermée de la machine (1) », contre 58,8 % des sujets (10 sujets sur 17) formés de manière traditionnelle (cf. fig. 4 :  $\chi^2 = 9,3$  ;  $p < .01$  à ddl = 1). De même, 88,9 % des sujets (16 sujets sur 18) ayant reçu la formation avec le *serious game* identifient une procédure de « bio-nettoyage de surface (2) » non conforme, contre 58,8 % des sujets (10 sujets sur 17) qui ont suivi la formation traditionnelle (cf. fig. 4 :  $\chi^2 = 7,1$  ;  $p < .01$  à ddl = 1). 58,8 % des personnes ayant été formés avec les méthodes traditionnelles (10 sujets sur 17) détectent une erreur non pertinente « nettoyage sans produit (3) » contre 27,8 % des sujets formés avec le *serious game* (cf. fig. 4 :  $\chi^2 = 3,4$  ;  $p = .06^9$  à ddl = 1). Enfin, 83,3 % des personnes formées avec le *serious game* (15 sujets sur 18) ont signalé des erreurs « ajustement du masque (4) », contre 58,8 % des sujets formés avec la méthode traditionnelle (10 sujets sur 17) (cf. fig. 4 :  $\chi^2 = 2,6$  ;  $p = .10^{10}$  à ddl = 1).

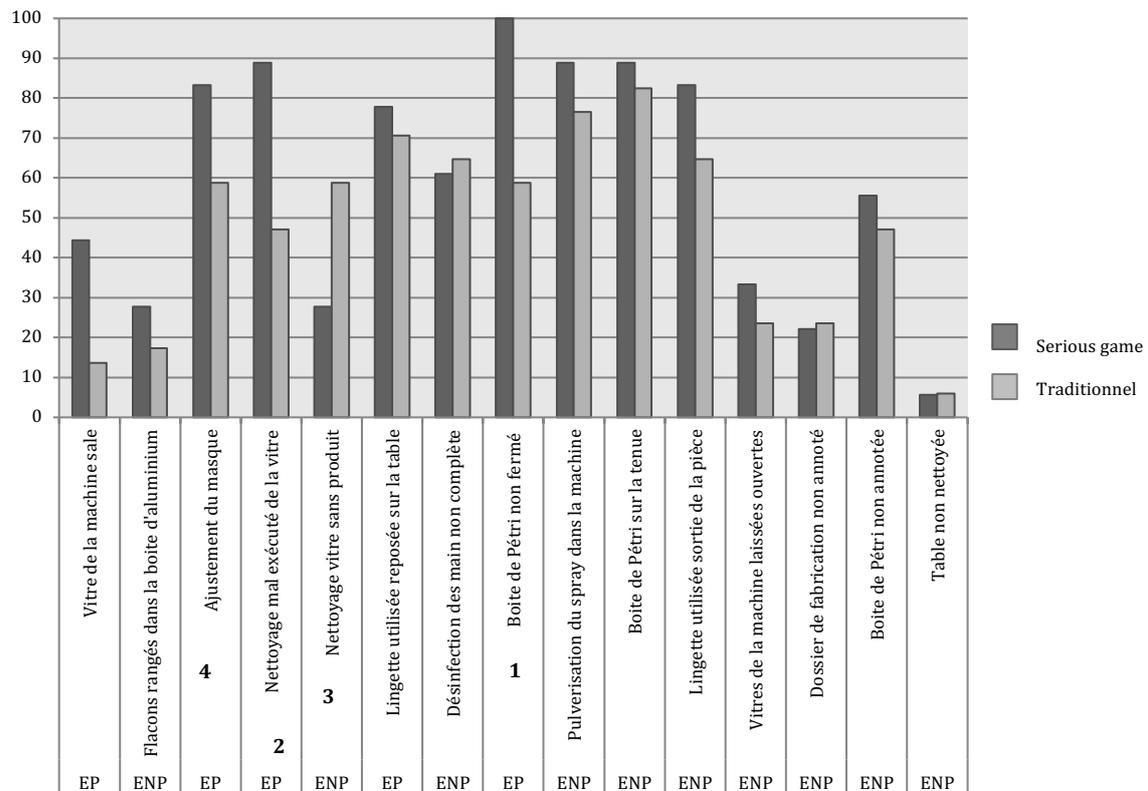


Figure 4. Détection des erreurs observées dans la vidéo (erreurs pertinentes – EP et erreurs non pertinentes - ENP)

## 7. Discussion

Dans ce travail, nous avons comparé les effets d'une formation à la réalisation de deux tâches exécutées par des opérateurs en zone aseptique, selon qu'ils ont été formés à l'aide d'un *serious game* ou par une méthode traditionnelle. Les résultats que nous obtenons semblent attester d'une meilleure efficacité de la formation avec le *serious game*. Plus précisément, l'analyse de la variance à mesures répétées montre que le groupe *serious game* a un score significativement meilleur dans l'exécution de procédures de première importance en matière de sécurité et d'hygiène de la fabrication de médicaments. De plus, lors de l'exercice de visionnage de la vidéo de tierces

<sup>9-10</sup> Compte tenu de la faiblesse numérique des groupes et des conditions d'observation, proches d'une situation de travail réel, nous avons fixé à .10 le seuil de significativité.

personnes, nous remarquons que les personnes ayant été formées avec le *serious game*, développent un sens critique significativement plus important, qui se concrétise par une meilleure détection des erreurs et des non-conformités lorsque les procédures sont exécutées par des tierces personnes. A ce titre nous pouvons affirmer que l'hypothèse d'une meilleure efficacité de formation attribuée au *serious game* est vérifiée. En effet, les sujets ayant fait l'expérience du *serious game* obtiennent des meilleures performances au post-test d'une part dans la réalisation des procédures, d'autre part dans leur capacité à détecter les criticités liées à une situation proposée.

Ces résultats valident la démarche ingénierique élaborée et utilisée pour concevoir le produit (Denami & Marquet 2015). Cette ingénierie pédagogique, doit son intérêt à l'opérationnalisation combinée des méthodes de la didactique professionnelle et de la théorie du conflit instrumental (H<sub>2</sub>). En effet, l'analyse de l'activité prend en considération tous les facteurs qui influencent directement ou indirectement l'activité observable au travail, en accord avec les méthodes de fabrication qui ne reposent que sur la norme écrite et déclarée par l'institution et/ou la hiérarchie. En complément, la théorie du conflit instrumental nous alerte sur la nécessité de prendre en compte les caractéristiques intrinsèques des artefacts didactiques (les objets de l'apprentissage), de façon à pouvoir construire des scénarios pédagogiques adaptés et à choisir les meilleures stratégies et technologies numériques pour en faciliter l'acquisition de la part de l'apprenant.

Ici concrètement, dans les toutes premières phases de conception, l'analyse de l'activité a permis de mettre en évidence les points clés de la formation qui n'étaient pas pris en considération dans les formations traditionnelles, notamment en ce qui concerne l'application des normes et règles abstraites, comme par exemple les procédures de bio-nettoyage qui mobilisent des connaissances de l'ordre de l'invisible. En effet, cette approche, qui intègre le point de vue de l'opérateur dans la phase de conception du logiciel, a offert de prendre conscience des points critiques de la pratique quotidienne dans cet environnement de travail.

De la même manière, nous avons montré comment la théorie du conflit instrumental avait pu guider la conception du dispositif de façon pertinente, notamment dans la phase de scénarisation des objectifs d'apprentissage pour élaborer le scénario. D'une part, il a été observé que l'interface du *serious game* non seulement ne présentait pas des difficultés en terme d'appropriation des artefacts techniques (qui permettent une exploration fluide du scénario en donnant accès aux contenus de formation) mais, d'autre part, le caractère réaliste et situé de la situation (artefact pédagogique) permet à l'apprenant de construire des représentations de l'environnement et d'en comprendre les aspects critiques, et donc d'atteindre l'objectif de l'apprentissage (artefact didactique). Il est notamment possible d'observer dans l'exercice de détection des erreurs chez des tierces personnes, que l'utilisateur du *serious game* développe des représentations de cause à effet qui sont plus pertinentes par rapport au groupe ayant été formé de façon traditionnelle. En outre, la théorie du conflit instrumental a permis de mettre en œuvre les stratégies d'apprentissages les plus adaptées aux objectifs imposés par la formation. La résolution de problèmes réalistes et situés en situation simulation, en tant que principe de scénarisation, s'est révélée comme étant plus efficaces, pour le développement des compétences, que la lecture de simples procédures écrites.

Au total, nous pouvons attribuer l'efficacité de la formation *via* le *serious game* à une bonne ingénierie, fondée d'une part sur la détection des points sensibles des contenus d'apprentissage et, d'autre part, à l'adaptation optimale des artefacts intégrées dans le dispositif d'apprentissage, qui a facilité l'appropriation (au sens de genèse instrumentale) de ces mêmes artefacts de la part de l'utilisateur.

Une analyse selon une approche qualitative est en cours et permettra de mieux comprendre quels sont les processus fins d'acquisition de connaissances en jeu dans une simulation réaliste, de façon à mieux cerner les avantages immédiats mais aussi les difficultés que le *serious game* aura provoquées, alors qu'il est déjà commercialisé auprès de grands industriels pharmaceutiques et apporte une plus-value réelle par rapport aux méthodes traditionnelles.

En conclusion, nous pouvons affirmer, en accord avec Tricot (2012), que les technologies numériques peuvent dans certains cas véritablement apporter une plus-value en termes d'acquisition de connaissances et/ou de compétences. Néanmoins, une démarche d'ingénierie pédagogique qui prenne en considération le paysage culturel ainsi que les orientations des apprenants s'impose, afin de rendre la formation non seulement plus efficace, mais aussi adaptée au langage de cette culture.

## Bibliographie

- Alvarez J. and Rampnoux O. (2007). *Serious Game: Just a question of posture?* In Proceedings of Artificial & Ambient Intelligence, AISB'07, Newcastle, April 2007, UK, pp. 420-423.
- Bonenfant, M., & Genvo, S. (2014). *Une approche située et critique du concept de gamification*. Sciences du jeu, (2). <http://doi.org/10.4000/sdj.286>
- Cizeron, M. (2010). *Le geste professionnel comme concept et outil d'analyse*. M. Cizeron et N. Gal- Petitfaux. Analyse des pratiques : expérience et gestes professionnels. Presses de l'université Blaise Pascal, pp. 257-268.
- Dabbagh, N. (2005). *Pedagogical models for E-Learning: A theory-based design framework*. International Journal of Technology in Teaching and Learning, pp. 25–44.
- Denami, M., & Marquet, P. (2015). *Un simulateur pour l'évaluation et la formation des compétences professionnelles des opérateurs en zone aseptique*. Presented at the Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2015, ATIEF. Agadir 3-5 Juin 2015.
- Denami, Maria, & Marquet, Pascal. (2015). *Un simulatore per la valutazione e la formazione delle competenze professionali degli operatori nelle sale sterili*. Form@re Open Journal per la formazione in rete. Vol 15, n°2, pp. 184-196 <http://doi.org/10.13128/formare-17070>
- Delignières, D. (2004). Difficulté de la tâche et performance. In J. La Rue & H. Ripoll (Eds), *Manuel de Psychologie du Sport, tome 1* (pp. 85-112). Paris : Editions Revue EPS.
- Jean, A. (2008). *Peut-on évaluer des compétences au travers des gestes professionnels?* Actes du 20e colloque de l'ADMEE-Europe, Université de Genève. <https://plone2.unige.ch/admee08/symposiums/j-s3/j-s3-4>
- Gaussot L. (2002). *Le jeu de l'enfant et la construction sociale de la réalité*. Spirale, vol. 24, n°4, p. 39.
- Guéraud, V., Pernin, J. P., Cagnat, J. M., & Cortés, G. (1999). *Environnements d, apprentissage basés sur la simulation*. Sciences et Techniques Éducatives, 6, pp. 95-141.
- Landriscina, F. (2009). *La simulazione nell'apprendimento. Quando e come avvalersene*. Trento: Erickson.
- Leplat, J., Hoc, J.M. (1983). *Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations*. Cahiers de Psychologie Cognitive 3 (1), pp. 49–64.
- Leplat, J. (2004). L'analyse psychologique du travail. Revue européenne de psychologie appliquée 54 (2004) 101–108.
- Lewis, C., & Wharton, C. (1997). *Cognitive Walktroughs*. Handbook If Human-Computer Interaction, pp. 717-732.
- Ma, M., Jain, L. C., & Anderson, P. (2014). *Virtual, Augmented Reality and Serious Games for Healthcare 1*. Springer Science & Business.
- Iza Marfisi-Schottman, Sébastien George, Franck Tarpin-Bernard. (2010). *Tools and Methods for Efficiently Designing Serious Games*. In Games Based Learning, ECGBL 2010, pp. 226-234.
- Marquet, P. (2011). Obstacles to use ICTs in training and consequences for *the development of e-learning and m-learning*. Education, Knowledge & Economy, 4(3), pp. 183-192.
- Morcillo, A., Lutz, G., Amiel, A., Camps, J.-F., Plégat-Soutjis, F., & Tricot, A. (2003). *Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH* (pp. 391–402). Presented at the Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2003, ATIEF ; INRP. Retrieved from <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000154/document>

Phillips, J. L. (1981). *Piaget's theory: A primer*. San Francisco, CA: W.H. Freeman.

Piaget, J. (1951). *Play, dreams, and imitation in childhood*. New York: W.W. Norton & Company.

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*. Paris, France : A. Colin, DL 1995.

Samurçay, R., & Pastré, P. (eds.) (2004). *Recherches en didactique professionnelle*. Toulouse: Octarès Éditions.

Tricot, A. (2012). *Utilité, apprentissages et enseignement : une approche évolutionniste*. In Du mot au concept : utilité. (pp. 99-115). Grenoble : PUG.

[http://serious.gameclassification.com/FR/games/index.html?start=96&sort=game\\_year%20ASC&display=thumb](http://serious.gameclassification.com/FR/games/index.html?start=96&sort=game_year%20ASC&display=thumb)